

# 水管橋の老朽化調査及び耐震診断等の事例紹介

横浜市 滝沢 大輔

## 1. はじめに

横浜市の水再生センターに接続する污水幹線や送泥管の多くは地下に埋設してあるが、水管橋により河川を架空で横断しているものもある。この水管橋は、幹線管きょ等と同様に重要構造物のため、改築及び修繕を計画的に行うことが必要である。水管橋を本市の改築計画に位置付けるため、令和元年度に点検調査及び耐震診断に着手した。水管橋の調査では水処理躯体の調査とは異なり、特有の調査機器を用いて老朽化状況を把握した。本稿では橋梁の現場で実施する点検調査方法や、対象橋梁の老朽化状況について紹介するとともに、耐震診断と補修及び耐震対策の検討事例について紹介する。

## 2. 対象橋梁

今回、横浜市内でも特に竣工が古い末吉ポンプ場水管橋を対象に選定した。当橋梁は、末吉ポンプ場から北部第一水再生センターへと送水する污水圧送管2本を添架し、鶴見川を渡河するための構造物である。基本事項を表-1に、概況図面を図-1に示す。当橋梁について、まずは「横浜市橋梁点検要領 横浜市 平成29年度」に準じて点検調査を実施した。

表-1 基本事項

橋名	末吉ポンプ場水管橋
上部工形式	下路式3径間連続鋼桁
下部工形式	橋台：RC橋台（逆T字）
	橋脚：RC橋脚（張出式円柱：基礎一体型）
基礎工形式	杭基礎（橋台：鋼管杭、橋脚：場所打杭）
橋長	122.0m（主桁間：3.0m）
添架物	污水管（DCIP φ700×2）、電気ケーブル
占用河川	鶴見川
架設年	1968年（塗装履歴：2010年）

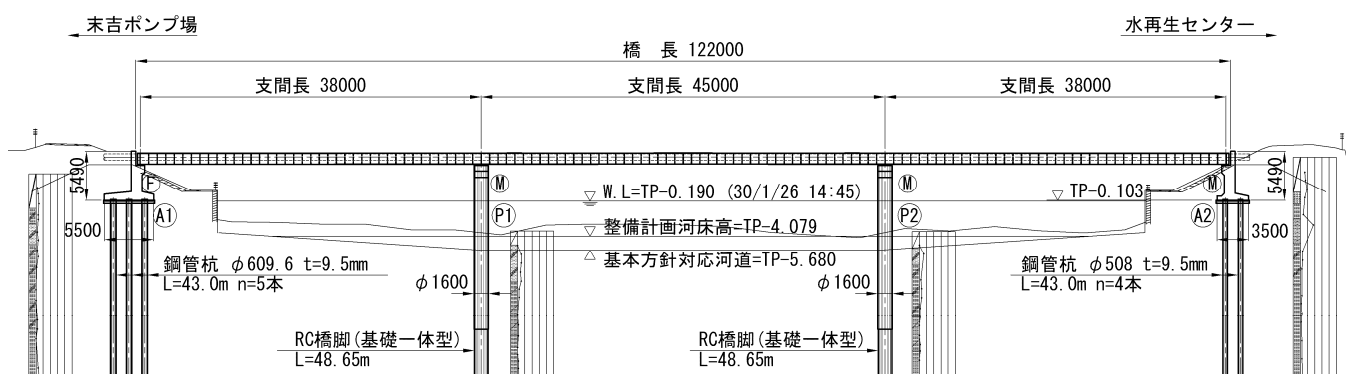


図-1 橋梁概況図面

## 3. 点検調査

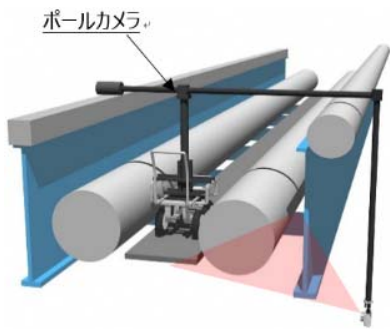
点検調査の項目や調査箇所等について表-2に記載する。本調査で特徴的な内容としては、目視困難箇所についての台車付きポールカメラを用いたの撮影（図-2）と、ロープ高所作業による橋脚点検（写真-1）がある。各調

表-2 点検調査基本事項

項目	調査箇所	使用機器	日時
目視点検（打音調査含む）	鋼橋上面、橋台、橋脚	点検ハンマー、クラックスケール、高所作業用ロープ	R1.11.12
ポールカメラ調査	鋼橋側部、下部	台車付きポールカメラ	R1.12.19
鉄筋探査	A1、A2橋台	電磁波レーダー法測定器	R1.11.12
はつり調査（鉄筋の径や腐食確認）	A1、A2橋台	ハンマードリル	
コンクリート圧縮強度試験	A1橋台、P1橋脚	シュミットハンマー	
中性化試験	A1、A2橋台、P1橋脚	ドリル法	

査の結果、主桁及び支承部や橋台、橋脚それぞれに部分的には塗装の腐食、ひび割れや鉄筋の露出等が確認できる（写真-2）ものの、構造的に致命傷となる劣化は見られなかったため、健全度はI～IVでII（機能に支障が生じていないが、予防保全の観点から措置を講ずることが望ましい状態）と判定できる。また、は

つり調査やコンクリート圧縮強度試験により竣工図や竣工当時の設計値と同等以上という結果が得られたので、竣工時の数値を用いて耐震診断を実施するものとした。



図－ 2 ポールカメラ



写真－ 1 高所作業による点検



写真－ 2 P2 橋脚鉄筋露出

#### 4 耐震診断

「道路橋示方書・同解説 日本道路協会 平成 24 年」に準拠し、橋脚及び杭基礎部の耐震診断を実施した。橋脚寸法やコンクリート強度、鉄筋径やピッチ等の条件は、前項に記載の通り竣工時の値を用いた。地盤条件は平成 29 年度の橋台付近での地質調査結果を用い、Ⅲ種地盤であると判定された。また、レベル 2 の各地震時に液状化すると判定されたため、基礎の照査では土質定数低減係数  $D_E$  を考慮している。結果等をまとめた一覧を表－ 3 に示す。レベル 1 及び 2 地震時で橋脚・杭基礎ともに照査が NG となったため、耐震補強工法の検討を実施した。

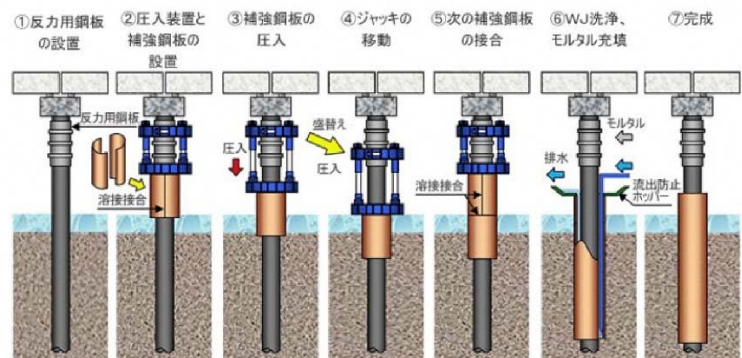
表－ 3 耐震診断結果総括表

橋梁重要度		A種 (重要度が標準的な橋)			
設計地震動		常時	レベル 1		レベル 2 (タイプ I、II)
設計水平震度		—	kh=0.30		橋軸方向 khc=0.96, 1.00 直角方向 khc=0.99, 1.03
目標性能		—	耐震性能 1		耐震性能 3
荷重		死荷重 (上部工(送水管含む)、 橋脚・杭自重)	死荷重 + 地震時水平力(死荷重×kh)		死荷重 + 地震時水平力(死荷重×khc)
計算法		—	震度法		保有水平耐力法
照査方向		—	橋軸方向	橋軸直角方向	橋軸方向   橋軸直角方向
部材	橋脚	照査法	許容応力度法 (曲げ引張・圧縮応力度) (せん断応力度)		保有水平耐力法 (曲げ破壊型)
		結果	○	○   NG	NG   NG
	杭基礎	照査法	許容応力度法 (曲げ圧縮・引張応力度) (せん断応力度)		保有水平耐力法 (降伏曲げモーメント) (せん断耐力)
		結果	○	○   NG	NG   NG
		照査法	軸力 (押込力・引抜力)		軸力 (押込み支持力)
		結果	○	○   ○	○   ○
照査法	水平変位量		水平変位量		
結果	○	NG	NG	NG   NG	

#### 5 耐震補強工法の検討

前項の通り橋脚の耐震補強が必要であるため、各種補強工法の検討を行った。本橋脚はフーチングを有さない一柱一基礎形式 (パイルベント橋脚) であり、それに適合する中で経済性と施工性に優れた補強工法を選定した結果、フーチングの構築や仮締切による止水が不要となる鋼板巻立て圧入工法が適しているという結論が得られた

(表－ 4)。鋼板厚 9mm で延長 23.5m に渡り補強し、空隙を水中不分離型無収縮モルタルにより充填し橋脚と一体



図－ 3 鋼板巻立て圧入工法施工手順

化することで、レベル1及び2地震時の耐震性能をそれぞれ満足することが可能である。施工手順を図-3に示す。

表-4 補強工法選定結果

補強(橋脚)	RC巻立て工法	鋼板巻立て工法	PP巻立て工法	鋼板巻立て圧入工法 (橋脚+杭補強)
補強(杭)	増し杭(フーチング+高耐力マイクロパイル補強等)			
工法概要	・場所打ちコンクリートと鉄筋による ・実績が最も多い ・基礎補強が必要な場合はフーチング+マイクロパイルで補強	・鋼板と無収縮モルタルやエポキシ樹脂による ・基礎補強が必要な場合はフーチング+マイクロパイルで補強	・ポリマーセメント系材料のコテ塗を基本とする ・基礎補強が必要な場合はフーチング+マイクロパイルで補強	・鋼板と無収縮モルタルによる ・半割鋼管を溶接接合し、必要深さまで圧入 ・橋脚と杭構造の一体補強
概要図				
特徴(橋脚)	○メンテナンス負担が少ない △河横阻害率の制約がある場合不利	○河横阻害率の制約がある場合有利 △防錆処理が必要	○メンテナンス負担が少ない ○河横阻害率の制約がある場合有利	○河横阻害率の制約がある場合に有利 ○仮締切、フーチングの構築が不要 △防錆処理が必要
特徴(杭)	△施工工面までの仮締切及びフーチングの構築が必要			
経済性	橋脚の補強は経済的だが、仮締切及びフーチング構築が必要なので経済性で大幅に劣る	RCより費用が掛かり、仮締切及びフーチング構築が必要なので経済性で大幅に劣る	鋼板巻立てより費用が掛かり、仮締切及びフーチング構築が必要なので経済性で大幅に劣る	仮締切及びフーチング構築が不要なので経済的
一次選定	・鋼板巻立て圧入工法が不可となった場合二次選定に進む ・河横阻害率の確認が必要	○ ・鋼板巻立て圧入工法が不可となった場合二次選定に進む ・河横阻害率の確認が必要	○ ・鋼板巻立て圧入工法が不可となった場合二次選定に進む ・河横阻害率の確認が必要	○ この工法で二次選定に進む

## 6 落橋防止システムの検討

「道路橋示方書・同解説 日本道路協会 平成24年」に準拠し、落橋防止システムについても検討を実施した。指針に準じると橋軸方向の落橋防止構造及び横変位拘束構造は省略可能であると判断できるが、必要桁かかり長を最大で160mm満足しないため、橋台の縁端拡幅が必要であるという結論が得られた。鉄筋コンクリートと鋼製ブラケットによる縁端拡幅の費用比較の結果、鉄筋コンクリートを選定した。比較表を表-5に示す。

表-5 縁端拡幅工法比較

	鉄筋コンクリートによる拡幅	鋼製ブラケットによる拡幅
概要図		
工法概要	・一般的に用いられている工法 ・最小拡幅量300mm ・鋼製ブラケットに比べて増加重量は多くなるが基礎への影響は少ない：約3t	・施工時間の制約がある場合に用いられることが多い ・拡幅量は調整可能。今ケースは200mm ・増加重量：約1t
施工性	・施工日数は鋼製ブラケットよりは要するが、今ケースでは制約が無いため施工可能	・施工日数は短い ・搬入、設置に電動ウィンチ等の機器が必要
経済性	・優れている	・RCより劣る
判定	・最も実績がある工法で経済性にも優れているため、本案を選定する	○

## 7 おわりに

これまでに水再生センター、ポンプ場及び管きよ等の維持補修・修繕は実施してきたが、本案件が本市下水道に関わる水管橋の中で最初の点検調査、耐震診断及び補強検討となる事例である。今後、本案件で培ったノウハウを用いて、他の水管橋についても順次長寿命化の観点から点検及び補強の検討を実施していく。